



ISSN 1590-2595

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

quaderni di geofisica

n. 48

STAZIONI SISMICHE OBSOLETE: IL RECUPERO DEL SISTEMA LENNARTZ PCM 5800

Mario Castellano, Ciro Buonocunto,
Marco Capello e Patrizia Ricciolino

2007

Direttore

Enzo Boschi

Editorial Board

Raffaele Azzaro (CT)

Sara Barsotti (PI)

Viviana Castelli (MI)

Anna Grazia Chiodetti (AC)

Rosa Anna Corsaro (CT)

Luigi Cucci (RM1)

Mauro Di Vito (NA)

Sergio Gurrieri (PA)

Lucia Margheriti (CNT)

Simona Masina (BO)

Nicola Pagliuca (RM1)

Leonardo Sagnotti (RM2)

Salvatore Stramondo (CNT)

Andrea Tertulliani - coordinatore (RM1)

Gianluca Valensise (RM1)

Gaetano Zonno (MI)

Segreteria di Redazione

Francesca Di Stefano - responsabile

Tel. +39 06 51860055

Fax +39 06 36915617

Sabrina Palone

Tel. +39 06 51860405

Fax +39 06 51860585

redazionecen@ingv.it

quaderni di geofisica



STAZIONI SISMICHE OBSOLETE: IL RECUPERO DEL SISTEMA LENNARTZ PCM 5800

Mario Castellano, Ciro Buonocunto, Marco Capello e Patrizia Ricciolino

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Osservatorio Vesuviano, Napoli, Italia

Indice

Abstract	5
Introduzione	5
1. Il Sistema Lennartz PCM5800	5
2. La prima Rete Sismica Mobile Digitale dell'INGV-Osservatorio Vesuviano	6
3. Sistemi di registrazione alternativi	7
3.1. Registratore MP3 PHILIPS modello HDD100	8
3.2. Registratore DAT Walkman SONY modello TCD-D8	8
3.3. Registratore SONY Walkman Hi-MiniDisc modello MZ-RH910	9
4. Discussione dei test	10
5. Il ripristino del sistema Lennartz PCM5800 della Rete Mobile INGV-OV	11
5.1. Gli Encoder	11
5.2. Il sistema di registrazione Hi-MD	11
5.3. Ricevitore/Convertitore GPS-DCF77	13
5.4. Il sistema di Decodifica	13
5.5. L'analisi dei dati e l'archiviazione	13
6. L'algoritmo di trigger ed esempi di registrazioni	14
Conclusioni	16
Ringraziamenti	17
Bibliografia	17

Abstract

The modern digital seismic stations are provided with 24 bit A/D converters, high capacity recording systems and broad-band seismometers. Nevertheless, few tens year old seismic stations can be still able to give an useful contribution to seismic monitoring. Some out-of-date seismic stations, such as the Lennartz PCM 5800, are characterized by the data acquisition in trigger mode on magnetic tape, allowing a continuous recording time of about 90 minutes. We have checked the possibility to substitute the Uher tape recorder of the Lennartz PCM 5800 stations with modern digital recorder, in order to give a new life to these stations.

Several type of digital recorders have been tried. According to the results of our trials, the Hi-MiniDisc (Hi-MD) recorder is resulted the most useful one. This apparatus records on 1GB magneto-optical disks with a continuous recording time up to about 8 hours. This time allows to record about 500 trigger windows of about 50-60 seconds on one disk, about 5 time the old magnetic tape. According with these results, the Lennartz PCM 5800 digital seismic stations can be useful during seismic experiments or as a support of the Permanent Seismic Networks at local and regional scale.

Introduzione

L'evoluzione tecnologica della strumentazione sismica digitale negli ultimi anni è stata tale da rendere rapidamente obsoleti apparati commercializzati anche da solo una decina d'anni. Questo è particolarmente evidente per le stazioni impiegate come Rete Sismica Mobile dove la necessità di acquisire i dati in registrazione locale anche per lunghi periodi di tempo ha portato ad uno degli sviluppi più significativi: il passaggio dalla registrazione a trigger a quella in continuo. Ciò è stato possibile grazie all'aumentata capacità di memorizzazione dei diversi supporti di acquisizione che sono stati progettati, quali dischi magneto-ottici, dischi rigidi rimovibili, compact flash, ecc..

D'altra parte bisogna tenere in considerazione i costi elevati delle stazioni digitali, per cui, a fronte di un continuo aggiornamento strumentale, è prassi comune cercare di mantenere in funzione quanto più possibile la strumentazione acquisita, anche al fine di ammortizzare adeguatamente l'investimento effettuato.

Uno degli apparati che hanno fatto la storia della sismometria digitale è sicuramente rap-

presentato dalla stazione sismica digitale PCM 5800 prodotta dalla ditta Lennartz Electronic GmbH (Tubingen, D). Queste stazioni hanno avuto una notevole diffusione negli anni '80 e '90, ed hanno costituito per molti Istituti di ricerca il primo sistema digitale portatile per l'acquisizione di dati sismici. Sono state, ed in alcuni istituti lo sono ancora, ampiamente impiegate per il monitoraggio e lo studio di aree sismogenetiche, sia vulcaniche che tettoniche, in molte parti del mondo. I segnali di queste stazioni potevano essere centralizzati via radio o, il più delle volte, venivano registrati in locale su registratori a nastro magnetico consentendo una rapida installazione sul territorio.

In questo lavoro si descrive la sperimentazione effettuata con l'obiettivo di ripristinare il funzionamento delle stazioni Lennartz PCM 5800 in dotazione alla Rete Sismica Mobile dell'Osservatorio Vesuviano (sezione di Napoli dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) mediante l'aggiornamento del sistema di registrazione.

1. Il Sistema Lennartz PCM 5800

Il sistema PCM 5800 prodotto dalla ditta Lennartz Electronic GmbH (Tubingen, D) ha avuto un notevole successo nella seconda metà degli anni '80 ed inizio '90. Si tratta, infatti, di un sistema molto flessibile che, utilizzando amplificatori a guadagno variabile (*gain ranging*) e un convertitore analogico-digitale a 12 bit, raggiunge una dinamica di 120 db. Il software di acquisizione implementa un algoritmo di trigger basato sul classico rapporto STA / LTA (*Short Term Average / Long Term Average*).

L'unità base, formata da quattro canali, è costituita dai seguenti elementi:

- rack da 9.5" o 19" con piastra madre;
- scheda di alimentazione con convertitore DC/DC per le diverse tensioni e connettore di input/output;
- una coppia di amplificatori duali (*Dual Geophone Amplifier*) per i segnali in ingresso. In questa sezione è possibile impostare un'amplificazione o un'attenuazione fissa scalata in potenze di 2;
- convertitore analogico/digitale a 12 bit a guadagno variabile (*gain ranging*) ed uscita test digitale/analogica a 8 bit;
- master CPU con la memoria del programma.
- slave processor n. 0 (controlla il clock ed il display) e TCXO con memoria alimentata per i parametri di impostazione. Questa

- sezione genera la base del tempo interna;
- terminale alfanumerico per l'impostazione dei parametri e delle funzioni;
- predisposizione per l'ingresso di una base temporale esterna (DCF 77) con cui viene sincronizzato il tempo interno;
- uscita dati in formato PCM per la registrazione su nastro magnetico o la trasmissione via radio.

L'acquisizione dei dati può avvenire in locale o centralizzata via trasmissione radio su unità Mixer, dotata di ingressi seriali, con un flusso dati di 10 kbit/s per le stazioni a quattro canali e formato dei dati PCM. Gli apparati utilizzati per la registrazione su nastro magnetico da 6.3mm (1/4") sono di due tipi: registratori UHER Report 4200 con bobine da 13cm (che vengono utilizzati sulle stazioni a quattro canali) e NAGRA 6100 con bobine da 18cm (in dotazione agli Encoder a 15 canali ed alle unità Mixer).

Nella configurazione di registrazione locale a trigger l'avvio della acquisizione avviene, al riconoscimento dell'evento, con l'attivazione di un relais che alimenta il registratore. Allo stesso modo, alla fine della finestra di registrazione (pre-evento + durata trigger + propagazione + post-evento) il relais provvede ad interrompere l'alimentazione al registratore.

La memoria base in dotazione (96kb) consente di impostare un tempo massimo di pre-evento pari a 7 secondi, sufficienti per la registrazione di eventi locali e regionali.

Il sistema di decodifica dei nastri è costituito da Decoder PCM 5800 e registratore a nastro Revox B-77 MK II in grado di montare entrambe le bobine di 13 e 18 cm. Tramite l'interfaccia IEEE-488 i dati vengono trasferiti su personal computer e successivamente analizzati e trattati. È da tener presente che il sistema di decodifica consente di restituire i dati alla stessa velocità di come sono stati acquisiti. Questo significa che tanto tempo è durata complessivamente l'acquisizione, tanto tempo sarà necessario per la decodifica.

2. La prima Rete Sismica Mobile Digitale dell'INGV-Osservatorio Vesuviano

L'Osservatorio Vesuviano, attualmente sezione di Napoli dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, si è dotato di una Rete Mobile Digitale a partire dalla prima metà degli anni '80. Il primo nucleo venne realizzato nel 1984 con l'acquisto di 4 stazioni digitali

Lennartz PCM 5800 a quattro canali. A partire da quella data, e fino ai primi anni '90, la rete è stata incrementata fino ad un totale di 8 stazioni PCM 5800 a quattro canali, 2 stazioni PCM 5800 a otto canali, 2 Encoder a 15 canali, 2 unità Mixer, 2 catene di decodifica. Alle stazioni a quattro e otto canali sono stati generalmente accoppiati sensori passivi a corto periodo (1 secondo) Mark L4-3D, mentre gli Encoder a 15 canali sono stati impiegati di frequente collegati ad array di sensori con frequenza propria di 1 Hz e 4.5 Hz. Quattro stazioni sono state equipaggiate con trasmettitori radio quarzati per trasmettere in continuo i segnali e centralizzarli su unità Mixer PCM 5800.

Questa strumentazione è stata impiegata in numerose campagne di acquisizione dati prevalentemente sulle aree vulcaniche (Vesuvio, Campi Flegrei, Etna, Eolie) sia per specifici progetti di ricerca che a seguito di crisi [es. Castellano et al., 1997; Bianco et al., 1999].

Il problema principale che si è manifestato nel tempo con l'uso intensivo di queste stazioni è stato legato al deterioramento di parti meccaniche dei registratori UHER. Alcune di queste sono state riparate direttamente presso il Laboratorio di Elettronica dell'Osservatorio Vesuviano o inviate alla casa produttrice per la riparazione o sostituzione. Il problema è diventato sempre più serio quando ad andare in avaria sono stati i motori dei registratori. Dopo le prime riparazioni, è stato evidente che gli interventi non erano più convenienti, sia perché il registratore era ormai obsoleto, sia a causa degli elevati costi della eventuale riparazione.

Di pari passo con l'invecchiamento del sistema PCM 5800, l'evoluzione tecnologica degli ultimi anni ha consentito la messa a disposizione di diverse soluzioni con nuovi sistemi di acquisizione a 24 bit e registrazione su dischi rigidi di grandi capacità, particolarmente adatti ad essere interfacciati con sismometri a larga banda caratterizzati da elevata dinamica. Per questo motivo le stazioni Lennartz PCM 5800 sono state accantonate.

Nonostante questo, l'elevato patrimonio strumentale a disposizione, ed in gran parte ancora perfettamente funzionante, non poteva essere semplicemente messo in disparte. È stato, quindi, sviluppato un progetto che, senza stravolgere i fondamenti del sistema PCM 5800, consentisse l'utilizzo della strumentazione esistente e del software dedicato portando alla sostituzione dei registratori UHER con supporti di registrazione commerciali che garantissero almeno la stessa capacità dei nastri da 13cm. Un nastro magnetico da 13cm di 270m ha una capa-

cità di circa 8-9MB ed una durata di registrazione in continuo di circa 90 minuti alla velocità di 4.75 cm/s. Un requisito importante doveva essere l'economicità dell'apparato di registrazione e dei relativi supporti rimovibili. Infatti la naturale evoluzione del registratore *UHER* è il cosiddetto "Digital *UHER*", prodotto dalla stessa Lennartz, che prevede l'acquisizione su dischi rigidi da 4.3 GB ma è commercializzato ad un costo elevato, non proprio competitivo per le caratteristiche delle stazioni Lennartz PCM 5800.

Inoltre, è da tenere presente che attualmente la Rete Sismica Mobile dell'INGV-Osservatorio Vesuviano è basata su un numero consistente di moderne stazioni sismiche digitali a 24 bit con acquisizione su unità magnetottiche e su dischi rigidi rimovibili di grande capacità, equipaggiate con sensori a corto periodo, a larga banda ed accelerometrici.

Per questo motivo, e per l'impossibilità di impiegare la trasmissione radio a banda larga nell'area napoletana a causa dei limiti della concessione del Ministero delle Comunicazioni nonché per l'elevato inquinamento elettromagnetico esistente, l'impiego delle stazioni Lennartz PCM 5800 con una registrazione locale a soglia può diventare utile prevalentemente come supporto alla Rete Sismica Permanente di Monitoraggio, per cui non è necessario disporre di grosse capacità di archiviazione in quanto il recupero e l'analisi dei dati deve essere effettuato mediamente ogni 30 giorni al fine di garantire l'integrazione degli stessi con i dati della Rete Sismica Permanente [Castellano et al., 2002].

Sono stati testati, quindi, alcuni apparati di registrazione digitale attualmente in commercio per verificarne la compatibilità con il sistema PCM 5800. Alcuni di questi possono registrare il dato PCM così come generato dalla stazione (es. registratori DAT, Hi-MiniDisc in modalità PCM), altri ne effettuano una compressione a vari livelli (es. Hi-MiniDisc in modalità ATRAC3plus, registratori MP3). Si tratta per lo più di apparati progettati per la registrazione di brani musicali anche da PC, ma caratterizzati da un ingresso audio line-in, sia analogico che digitale, che li rende potenzialmente adatti alla registrazione di un flusso dati.

3. Sistemi di registrazione alternativi

La necessità di individuare soluzioni alternative ai registratori *UHER* per l'acquisizione dei dati delle stazioni sismiche digitali Lennartz PCM 5800 ha portato ad un'indagine di mercato ed a una successiva fase di speri-

mentazione per l'utilizzo di supporti di registrazione audio commerciali. Gli obiettivi principali da perseguire sono stati tre:

- immediata implementazione nel sistema PCM 5800 con la realizzazione di semplice elettronica di controllo;
- il mantenimento dell'attuale formato di registrazione e del sistema di riproduzione, anche se obsoleti, al fine di utilizzare sia il notevole patrimonio strumentale esistente sia il software a disposizione;
- l'utilizzo di apparati e di supporti rimovibili economici e facilmente reperibili sul mercato.

Come già detto, un nastro magnetico da 13cm di 270m ha una durata di registrazione in continuo di circa 90 minuti alla velocità di 4.75 cm/s. Per questo motivo il nuovo supporto di registrazione deve consentire una durata almeno equivalente. Altra caratteristica fondamentale è legata alla risposta in frequenza dello strumento che deve garantire una banda passante di almeno 10.000 Hz. Esistono in commercio alcuni registratori digitali che acquisiscono su supporti di memoria tipo Compact Flash di capacità fino a 1-2 GB. Oltre all'elevato costo degli apparecchi, l'alta frequenza di campionamento utilizzata dagli ADC interni (tipicamente 44.1 kHz) riduce la capacità delle Compact Flash ad un tempo di registrazione continua di circa 2 ore.

Sulla base delle caratteristiche tecniche di altri apparati di registrazione audio digitale disponibili in commercio, sono stati individuati alcuni strumenti potenzialmente adatti agli scopi previsti: il *Jukebox MP3 Recorder hdd100*, il registratore *DAT Digital Audio Tape* ed il *Walkman Hi-MiniDisc*. Il primo è prodotto dalla PHILIPS, mentre gli altri due sono prodotti dalla SONY. Altre ditte producono apparati analoghi, ma la scelta è caduta su questi prodotti per la maggiore diffusione sul mercato.

È da tenere presente che questi apparati sono commercializzati esclusivamente per la registrazione e riproduzione di brani musicali o multimediali in genere e possono essere impiegati anche come supporto di archiviazione esterno per personal computer in quanto alcuni sono forniti di interfaccia USB. Le loro particolari caratteristiche tecniche li rendono comunque potenzialmente utilizzabili, anche se con qualche compromesso, per la registrazione di dati sismici nel formato PCM. Sono stati, quindi, effettuati diversi test per verificare la compatibilità di questi apparati con il sistema Lennartz PCM 5800.

3.1 Registratore MP3 PHILIPS modello HDD100

Il registratore HDD100 è un apparato di registrazione/riproduzione di file audio con codifica in tempo reale nel formato MP3 (Mpeg 1 layer-3; figura 1). Il supporto di registrazione è costituito da un disco rigido a basso profilo di 15GB di capacità. La risposta in frequenza è compresa nella banda 20-20.000 Hz.



Figura 1 Registratore MP3 PHILIPS HDD100.
Figure 1 MP3 PHILIPS HDD100 recorder.

L'apparato consente il trasferimento dei dati da e per il PC mediante la connessione USB; per questo può anche essere impiegato come un normale disco rigido esterno. La struttura è in lega di magnesio con una batteria interna ai polimeri di litio da 1200mA/h.

La registrazione audio avviene via ingresso line-in (jack stereo da 3.5mm) sia per l'analogico che per il digitale ottico. In entrambi i casi la velocità del flusso audio può essere impostata a 64, 128 o 192 kbps. La frequenza di campionamento può essere impostata su un'ampia gamma di valori (8, 11.025, 16, 22.050, 32, 44.1, 48 kHz). Per la registrazione del flusso dati PCM, al fine di non perdere informazioni utili, sono utilizzabili le frequenze di campionamento più elevate: 44.1 o 48 kHz.

L'HDD100 effettua la registrazione del segnale audio in ingresso direttamente nel formato MP3 potendo selezionare due modalità: a *bit rate costante* (CBR) e a *bit rate variabile* (VBR). L'apparato PHILIPS HDD100 recorder consente una registrazione in continuo della durata massima di circa 7 giorni.

Analogamente a quanto realizzato dall'algoritmo ATRAC dei registratori MiniDisc SONY (cfr. § 3.3), la codifica MP3 effettua un filtraggio della traccia in ingresso sulla base di un modello *psico-acustico*, filtrando le frequenze più alte e più basse non percepibili dall'orec-

chio umano [Brandenburg e Popp, 2000].

Gli algoritmi di compressione audio basati su un modello *psico-acustico* effettuano l'analisi ed il processamento del segnale nel dominio delle frequenze e non in quello del tempo. Basati sulla differente sensibilità dell'orecchio umano alle varie frequenze, sono stati sviluppati per ottenere segnali audio di elevata qualità riducendone drasticamente le dimensioni a tutto vantaggio della portabilità dei file. In realtà il modello *psico-acustico* è abbastanza complesso: infatti, non solo l'orecchio umano ha una sensibilità massima ristretta tra 2 e 4 kHz ma fenomeni di *mascheramento* (nel tempo ed in frequenza) indotti da bande di frequenza laterali riducono ulteriormente la reale percettività del suono. Sfruttando queste caratteristiche, mediante banchi di filtri il segnale audio viene suddiviso in sottobande (32 bande nella codifica MP3) per ognuna delle quali viene calcolata l'entità del *mascheramento*. Nel caso in cui l'ampiezza di una banda si posiziona al di sotto della soglia di *mascheramento* non viene codificata perché non sarebbe udibile. Alla fine del processo viene ricostruito il segnale e realizzato il flusso di bit in uscita.

Nonostante che in questo modo si riesca ad ottenere una compressione di circa 1/10 - 1/13 dell'originale, la risposta in frequenza in modalità stereo a 128 kbit è intorno a 14.000 Hz, più che sufficiente per il segnale PCM in ingresso generato dalla stazione Lennartz (10 kHz). Quindi, per i nostri scopi, l'impiego di algoritmi di compressione da parte di alcuni sistemi di registrazione è efficace in quanto, riducendo drasticamente le dimensioni dei file, consentono di effettuare registrazioni di notevoli durate sui supporti disponibili.

3.2 Registratore SONY Walkman DAT modello TCD-D8

Il registratore walkman Digital Audio Tape (DAT) è un apparato portatile di registrazione-riproduzione a nastro. Utilizza mini cassette digitali da 4mm compatibili con qualsiasi drive DDS (Digital Data Storage). Per la fase di sperimentazione è stato utilizzato il registratore DAT SONY modello TCD-D8 con cassette SONY DG-90 da 90 minuti (figura 2).

L'apparato può essere impostato su tre frequenze di campionamento: 48 kHz, 44.1 kHz e 32 kHz. La banda passante, in funzione della frequenza di campionamento, è rispettivamente di 20-22.000 Hz, 20-20.000 Hz e 20-14.500 Hz. Inoltre dispone di una funzione per la registrazione prolungata (LP) che raddoppia il tempo di registrazione delle cassette. In questo caso la

frequenza di campionamento viene impostata automaticamente sul valore di 32 kHz con banda passante di 20-14.500 Hz.



Figura 2 Registratore DAT SONY *Digital Audio Tape* TCD-D8.

Figure 2 SONY DAT *Digital Audio Tape* TCD-D8 recorder.

Il DAT dispone di un ingresso microfonicco, un ingresso line-in per dati analogici ed un ingresso ottico (coassiale) per dati digitali. L'uscita è in comune: cuffie / line-out. L'alimentazione di 6V DC è fornita da quattro batterie tipo AA.

Con una frequenza di campionamento di 32 kHz una cassetta DG90 ha una durata di registrazione in continuo di circa 6 ore.

Una caratteristica del registratore DAT da tenere in considerazione per i nostri obiettivi è legata al tempo necessario per l'avvio della registrazione a partire dall'accensione dell'apparato. Infatti, all'arrivo dell'impulso di accensione, il DAT impiega circa 8 secondi per avviare la registrazione. Questo significa che la memoria di pre-evento delle stazioni Lennartz PCM 5800 viene completamente esaurita. Per utilizzare i DAT come apparati di registrazione sarebbe necessario, quindi, incrementare la memoria interna portandola ad almeno 192kb che consentirebbero un pre-evento di circa 15 secondi.

3.3. Registratore SONY Walkman Hi-MiniDisc modello MZ-RH910

Il walkman *Hi-MiniDisc* è un apparato portatile di registrazione-riproduzione digitale che utilizza supporti magneto-ottici riscrivibili [Yoshida, 1994]. La frequenza di campionamento è di 44.1 kHz con una risposta in frequenza di 20-20.000 Hz. I dischi magneto-ottici sono di piccole dimensioni, 2.5", hanno una capacità di 1Gb ed una durata di registrazione che dipende dalle impostazioni dell'utente. Questo tipo di apparato, introdotto nel 2004, è l'evoluzione dei registratori MiniDisc progettati agli inizi degli anni '90 ed all'epoca in grado di registrare su dischi magneto-ottici con capacità di circa 140-

160 Mb e durata di 74 o 80 minuti.

Il sistema MiniDisc riesce ad ottenere la stessa durata di registrazione di un Compact Disc pur avendo una capacità nettamente inferiore. Questo è possibile grazie ad uno speciale algoritmo di compressione-decompressione del segnale denominato ATRAC (*Adaptive Transform Acoustic Coding*) [Tsutsui et al., 1992] ed alla sua recente evoluzione ATRAC3plus, che riduce le dimensioni dei dati in ingresso fino ad 1/5 (1/20 con l'ATRAC3plus) di quelle originali sulla base della *codifica percettiva*. Con questo metodo, analogamente all'MP3 (cfr. § 3.1), vengono eliminate le informazioni nelle bande di frequenza più elevate, non rilevabili dall'orecchio umano, senza perdita di qualità o informazioni nella banda di frequenza di interesse a tutto vantaggio delle dimensioni del file registrato.

L'ATRAC3plus divide il segnale in ingresso in 16 bande di frequenza, di ampiezza pari a 1.4 kHz ognuna, per una più precisa analisi delle caratteristiche di ogni componente. Un controllo di guadagno è applicato ad ogni banda ed i segnali risultanti sono convertiti nel dominio delle frequenze usando un MDCT (Modified Discrete Cosine Transform). Durante la riproduzione viene applicata una trasformazione inversa per ogni banda mediante un IMDCT (Inverse MDCT) e quindi viene generato il segnale audio usando un filtro a sintetizzazione di banda [Yoshida, 1994].



Figura 3 Registratore digitale SONY *Hi-MiniDisc* MZ-RH910.

Figure 3 SONY *Hi-MiniDisc* MZ-RH910 digital recorder.

Per il test sono stati utilizzati i Walkman SONY Hi-MD *MZ-NH700* e *MZ-RH910* (figura 3). Quest'ultimo modello in particolare, di dimensioni solo di poco più grandi dei dischi rimovibili (81 x 74,4 x 27,9 mm), è realizzato in lega di magnesio e dotato di telecomando a filo per le funzioni di riproduzione.

Tra le varie possibilità di registrazione l'Hi-MD consente l'acquisizione diretta PCM (16 bit / 44.1 kHz) e quella compressa ATRAC3plus (Hi-SP: 256 kbps, Hi-LP: 64 kbps).

La durata della registrazione con i dischi da 1 GB è di 94 minuti in modalità PCM lineare e di 475 minuti (7h:55m) in modalità Hi-SP (tabella 1). L'unità è anche in grado di formattare in modalità Hi-MD (305 MB) i dischi MD da 80 minuti (160 MB), ottenendo le durate di registrazione riportate nella tabella 1.

Modalità di codifica per registrazioni da sorgente esterna	Durata della registrazione	
	Dischi 1GB Hi-MD	Dischi MD formattati H i - M D 305MB
PCM lineare 1.4mbps	1h 34m	28m
ATRAC3plus 256kbps "Hi-SP"	7h 55m	2h 20m
ATRAC3plus 64kbps "Hi-LP" (non utilizzabile per PCM 5800)	34h	10h 10m

Tabella 1. Modalità di codifica e durata della registrazione su Hi-MD per segnali provenienti da una sorgente audio esterna. Per la registrazione da PC tramite interfaccia USB sono disponibili ulteriori modalità di codifica che aumentano la capacità del disco. [Da *Sony Corporation* 2004, modificato].

Table 1. Audio encoding and capacity on Hi-MD for external audio source. Other audio encoding are available when recording from PC by means of the USB interface, allowing larger disk capacities. [From *Sony Corporation* 2004, modified].

4. Discussione dei test

I test effettuati dimostrano la piena compatibilità di tutti gli apparati con il formato dei dati PCM sia in modalità lineare che compressa.

Il registratore su hard-disk *MP3 Recorder HDD100* è un sistema innovativo che consente la conversione automatica nel formato MP3 di un qualsiasi segnale audio. I criteri di compressione e filtraggio del segnale in ingresso consentono, con l'opportuna impostazione dei parametri di campionamento, il mantenimento di una elevata banda passante più che sufficiente per il segnale PCM generato dalla stazione sismica. L'apparato testato ha caratteristiche tali che ne rendono semplice la gestione per la registrazione a trigger dei segnali sismici.

La capacità del disco rigido presente nel modello HDD100 (15 GB) consente una registrazione in continuo di circa 7 giorni a 192 kbps. Tale durata è però troppo breve per una reale acquisizione continua (sarebbero necessari interventi troppo frequenti sulle stazioni per lo scarico dei dati) ed eccessiva per l'acquisizione a trigger, visti i tempi necessari per la successiva decodifica (cfr. § 1).

Il registratore *DAT TCD-D8* garantisce un'autonomia massima equivalente a circa 6 ore di registrazione continua, quattro volte superiore a quella dei nastri magnetici da 13 cm. Tale vantaggio viene però penalizzato da due aspetti:

- 1) la necessità di maggiore memoria sulle stazioni per garantire l'impostazione di un tempo di pre-evento pari a 15 secondi;
- 2) la registrazione comunque su un nastro magnetico, con la conseguente presenza di molte parti meccaniche in movimento che aumentano i consumi e riducono l'affidabilità nel tempo.

È da tener presente, inoltre, che attualmente la disponibilità commerciale di questi prodotti professionali portatili è in diminuzione, in quanto a fronte di un livello indiscutibilmente elevato della qualità delle registrazioni, il costo degli apparati non è più competitivo rispetto a prodotti e tecnologie più recenti.

Il registratore *Hi-MD MZ-RH910* può effettuare la registrazione dei dati in uscita dalla stazione sismica sia in modalità PCM lineare che con una compressione mediante la codifica ATRAC3plus a 256 kbps. La massima durata di registrazione ottenibile è di circa 8 ore in continuo, circa 5 volte quella dei nastri magnetici.

Al verificarsi del trigger l'avvio della registrazione è immediato, consentendo di utilizzare completamente i 7 secondi di pre-evento instabili sulla stazione. I supporti di registrazione magneto-ottici sono di piccola dimensione e possono essere cancellati e riutilizzati alcune migliaia di volte senza deteriorarsi [Yoshida, 1994]. I consumi durante la registrazione sono estremamente bassi, risultando di circa 120 mAh, mentre in stanby non raggiungono i 10 mAh.

Sulla base dei risultati dei test effettuati, della valutazione dei costi degli apparati e dei supporti di registrazione, nonché della semplicità di gestione degli apparati testati, il registratore *SONY Hi-MD MZ-RH910* è risultato il più adatto e funzionale al progetto.

5. Il ripristino del Sistema LennartzPCM 5800 della Rete Mobile INGV-OV

Una volta definito quale sistema di registrazione era più idoneo per sostituire i vecchi registratori a nastro *Uher*, è stato progettato il ripristino dell'intero Sistema Lennartz PCM 5800 a disposizione della Rete Sismica Mobile dell'INGV-OV, considerando sia la parte di acquisizione remota, con l'ingegnerizzazione dei registratori Hi-MD ed il potenziamento del sistema di temporizzazione, sia la parte di decodifica ed analisi dei dati.

In ogni caso, sulla base delle considerazioni già menzionate in precedenza, il principio su cui ci si è basati è stato quello della semplicità ed economicità per ottenere il massimo dei risultati con il minimo della spesa.

5.1. Gli Encoder

È stata effettuata la revisione di tutti gli apparati PCM 5800 a disposizione al fine di verificarne l'effettivo stato di funzionamento. Alcuni strumenti che risultavano non completi, o presentavano schede in avaria, sono stati sacrificati per completarne altri sulla base delle schede a disposizione. Alla fine della revisione sono risultati perfettamente funzionanti 7 Encoder a 4 canali, 2 Encoder a 8 canali, 1 Encoder a 15 canali, 1 Mixer e 2 Decoder.

Si dispone, quindi, di 9 Encoder per l'acquisizione remota tutti dotati di scheda per la ricezione del segnale tempo DCF 77. In particolare, 3 apparati sono dotati di scheda *Time Signal Receiver* 8006 che si interfaccia con l'*Active Loop antenna* 8204, mentre gli altri 6 sono equipaggiati con schede *Time Marker Interface* 380.0008 o *Audio Trigger* 8506 (380.0003) che vengono collegate al *DCF receiver/antenna* 280.0001.

Dal punto di vista dell'assemblaggio 7 Encoder sono montati su rack da 19" all'interno di contenitori in vetroresina o di metallo, mentre i rack di 2 Encoder sono di tipo "corto" da 9.5" ed assemblati in contenitori di policarbonato vetro-rinforzato "Rose". Tutti i contenitori esterni sono a tenuta stagna.

Sono stati predisposti i nuovi cavi per il collegamento dei sensori a corto periodo Lennartz *LE-3Dlite* ad alto range dinamico che hanno sostituito i più voluminosi ed ormai "esausti" Mark *L4-3D*. Gli accessori per il collegamento alle batterie (pinze e/o morsetti) e tutta la cassetteria di ogni stazione sono stati collocati in apposite valigette per un funzionale trasporto ed un più organizzato deposito in magazzino.

5.2. Il sistema di registrazione Hi-MD

I registratori Hi-MD richiedono un semplice circuito di controllo per la gestione della registrazione. Il sistema sfrutta la semplicità degli apparati e, tramite il telecomando a filo in dotazione, il circuito elettronico provvede ad inviare una successione di comandi PAUSA-ON / PAUSA-OFF in accordo con l'apertura e la chiusura del relais di trigger dell'Encoder. Infatti, durante una registrazione, il comando PAUSA interrompe la registrazione stessa lasciando l'apparato in uno stato di attesa. Un nuovo comando di PAUSA, in corrispondenza

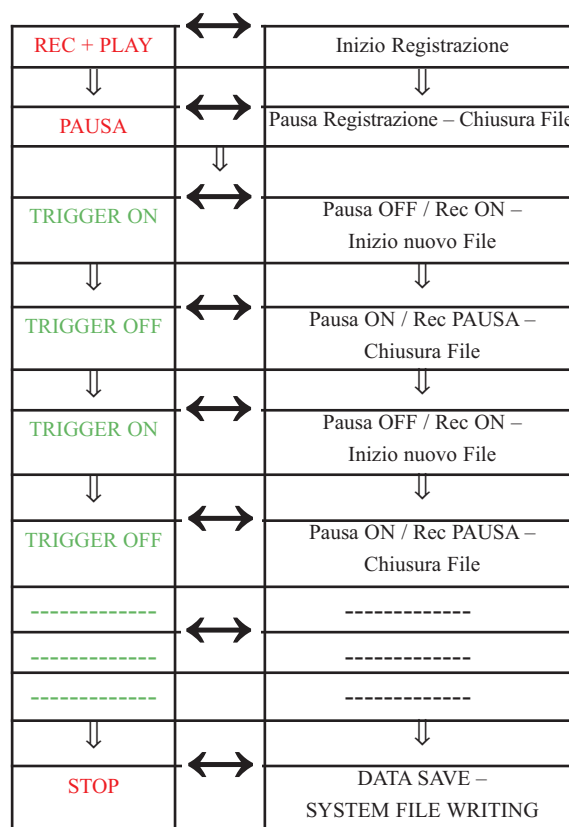


Tabella 2. Diagramma a blocchi della sequenza dei comandi e delle funzioni dell'Hi-MD. I comandi riportati in rosso sono dati manualmente dall'operatore al momento del montaggio del disco ed alla sua rimozione, quelli verdi si riferiscono alla successione di istruzioni del circuito elettronico. Se la tensione della batteria scende sotto i 10V, il comando STOP viene dato automaticamente dal circuito elettronico ottenendo il salvataggio dei dati registrati.

Table 2. Block diagram of the controls sequence and Hi-MD functions. Red controls are associated to manual commands, the green ones are associated to electronic circuit instructions. If the power supply decreases under 10V, the STOP command is automatically enabled by the electronic circuit.



Figura 4a, b Esempio di condizionamento del registratore Hi-MD *MZ-NH700* e dell'elettronica di controllo nelle stazioni Lennartz PCM 5800 montate in rack da 19".

Figure 4a, b Example of the Hi-MD *MZ-NH700* and its electronic control mounted inside the 19" rack of the Lennartz PCM 5800 stations.

di un trigger, fa ripartire la registrazione in un nuovo file che verrà interrotto, alla chiusura del trigger, da un successivo comando PAUSA, e così via (tabella 2; per i dettagli sul circuito elettronico si veda *Capello et al.*, 2007).

I dati registrati saranno realmente salvati sul disco solo all'attivazione del comando STOP. Per evitare che un eccessivo abbassamento della tensione della batteria di alimentazione spenga l'Hi-MD determinando così la per-

dita dei dati, è stato realizzato un comparatore di tensione. Se la tensione della batteria di alimentazione scende al di sotto dei 10V, il circuito provvede ad abilitare automaticamente il comando STOP sul telecomando a filo salvando così tutti i dati fino ad allora registrati.

Il nuovo sistema di registrazione, basato sui registratori digitali Hi-MD, consente una notevole riduzione dei volumi da trasportare in quanto i registratori sono direttamente integrabili

all'interno dei rack degli Encoder (figura 4). Per gli Encoder con il rack da 19" sia l'Hi-MD che l'elettronica di controllo sono stati assemblati in un contenitore in PVC (figura 4a) che è stato a sua volta inserito all'interno del rack (figura 4b).

Per i due Encoder con il rack da 9.5" si è optato per un'altra soluzione che facilita le operazioni di accesso al registratore: l'elettronica di controllo, montata in una scatola in ABS, è inserita direttamente all'interno del rack su una semplice scheda di raccordo, l'Hi-MD è posizionato sopra il rack e fermato con una striscia di VELCRO.

5.3. Ricevitore/Convertitore GPS-DCF77

Le stazioni Lennartz PCM 5800 sono dotate di un sistema di sincronizzazione del clock interno basato sulla ricezione del segnale del tempo DCF. Questo codice, emesso da Mainflingen in Germania, ha un raggio di copertura di circa 2000-2500 km ed a volte particolari condizioni topografiche o meteorologiche, oppure interferenze indotte da tralicci dell'alta tensione, rendono difficoltosa la sua ricezione.

Per ovviare a questo problema e per rendere l'impiego delle stazioni quanto più flessibile possibile, è stato testato con successo un ricevitore/convertitore GPS-DCF77. Tale apparato, prodotto dalla ditta SARA snc, permette di collegare un dispositivo GPS ad un apparecchio dotato di un ingresso DCF77, convertendo i dati del protocollo NMEA dal GPS in una sequenza di bit secondo lo standard DCF77. L'uso di questo convertitore, in sostanza, consente agli strumenti equipaggiati con un ingresso DCF77 di funzionare con un ricevitore GPS [Mariotti, 2002]. I consumi di questo apparato sono ridotti, passando da circa 2.0W con il funzionamento continuo a circa 0.4W in modalità power-saving durante la quale il GPS si attiva ogni ora per 6 minuti.

Il ricevitore GPS-DCF77 può essere interfacciato sia con le schede *Time Marker Interface* 380.0008 che con quelle *Audio Trigger* 8506 (380.0003) del Sistema Lennartz PCM 5800.

5.4 Il sistema di Decodifica

Per la decodifica dei dati registrati sui supporti magneto-ottici Hi-MD sono state ripristinate due catene di decodifica costituite ognuna da:

- Registratore/lettore Hi-MD SONY MZ-NH900.
- Decoder Lennartz PCM 5800 con interfaccia IEEE-488.
- PC con interfaccia IEEE-488 Ziatech ZT-1444B.

Poiché il segnale in uscita da un lettore Hi-MD è un segnale audio caratterizzato da variazioni sia in ampiezza che in frequenza, per collegare l'uscita dell'Hi-MD al Decoder Lennartz si rende necessaria una semplice interfaccia elettronica che massimizza e normalizza l'ampiezza del segnale al livello di +5V [Capello et al., 2007]. In questo modo viene ricostruita l'originale forma squadrata del segnale PCM ed il Decoder può così elaborare i segnali.

Il software per la decodifica in uso è stato realizzato dalla ditta SPID (*Solution Professionnelle d'Informatique Dedicacée* - Clermont-Ferrand) e opera in ambiente DOS. Questo consente di utilizzare anche computer obsoleti ma ancora funzionanti. Nel nostro caso, infatti, vengono impiegati un computer ACER *Across 486DX/40* con sistema operativo DOS 6.22 ed un computer DIGITAL *Venturis 5120* con sistema operativo WIN98 SE.

I due computer sono collegati tramite link su porta parallela (LapLink) per il trasferimento dei dati dall'ACER al DIGITAL, mentre questo ultimo è collegato in rete con il computer di analisi.

5.5 L'analisi dei dati e l'archiviazione

Una volta decodificati i dati vengono trasferiti via rete ad un computer dedicato all'analisi ed alla archiviazione delle tracce. Da tener presente che i due computer per la decodifica e quello di analisi sono gestiti da un'interfaccia switch KVM con l'utilizzo condiviso del monitor, tastiera e mouse per l'ottimizzazione delle periferiche.

I segnali vengono selezionati sulla base del catalogo prodotto dal Laboratorio Sismico dell'INGV-Osservatorio Vesuviano ed archiviati per aree geografiche. L'analisi dei dati viene effettuata mediante il software *SEISM* [Patanè e Ferrari, 1999], che consente, tra l'altro, la lettura delle fasi, l'analisi spettrale, il filtraggio delle tracce a frequenze variabili, l'analisi di polarizzazione.

Le letture delle fasi vengono inviate al Laboratorio Sismico dell'INGV-Osservatorio Vesuviano dove vanno ad integrare il catalogo realizzato con i dati della Rete Sismica Permanente inserito nella banca dati relazionale *GeoVes* [Martini et al. 2006].

Mediante il software *ConWiz* [Ferrari, 2006], i segnali in formato Lennartz PCM vengono anche convertiti nei formati standard SUDS e SAC per l'archiviazione definitiva. Questa avviene su supporti magneto-ottici da

640 MB e su disco rigido dedicato da 500 GB. Periodicamente si procede alla masterizzazione su DVD.

6. L'algoritmo di trigger ed esempi di registrazioni

Le stazioni digitali Lennartz PCM 5800 implementano un algoritmo di trigger molto semplice ma estremamente efficace basato sul rapporto STA / LTA (*Short Term Average / Long Term Average*). Questo consente di impostare due finestre temporali, STA e LTA, per le quali viene calcolato il valore medio dell'ampiezza del rumore sismico ed il cui rapporto è utilizzato per la definizione del trigger. Se il rapporto STA / LTA supera il valore impostato il trigger viene riconosciuto tale e un relais attiva il registratore Hi-MD (cfr. § 5.2). Un filtro passa-banda con caduta di 6db/ottava consente di impostare un'ulteriore parametro discriminante sul trigger che può tenere conto delle caratteristiche spettrali del rumore di fondo presente nel sito. È possibile, inoltre, definire un periodo di tempo (propagazione) durante il quale il trigger su un determinato canale rimane comunque attivo in attesa che il trigger venga raggiunto anche dagli altri canali. La durata totale della registrazione è definita quindi dalla sequenza *pre-evento + durata trigger + propagazione + post-evento*, al termine della quale il relais di fine trigger provvede all'attivazione del comando PAUSA del registratore e quindi alla chiusura del file.

Per la registrazione di eventi sismici locali vengono generalmente utilizzati i seguenti parametri per la programmazione del trigger riportati in Tabella 3.

High-pass	1 Hz
Low-pass	10 Hz
STA	1 secondo
LTA	51 secondi
STA/LTA	3
Pre-evento	7 secondi
Propagazione	3 secondi
Post-evento	30 secondi

Tabella 3. Parametri di trigger utilizzati per la prima installazione di una stazione Lennartz PCM 5800.

Table 3. Trigger parameters used for the first installation of a Lennartz PCM 5800 station.

Si tratta di parametri validi mediamente e che quindi vanno verificati, ed eventualmente modificati, in funzione sia della reale capacità di detezione di ogni singola stazione che del rapporto segnale/rumore dei siti dove queste sono installate.

Per una dettagliata descrizione degli algoritmi di trigger basati sul rapporto STA/LTA si rimanda al lavoro di A. Trnkoczy [2002].

Attualmente 6 stazioni sismiche Lennartz PCM 5800 dotate di registratori SONY *Hi-MD* sono installate nell'area vulcanica napoletana: 5 al Vesuvio ed 1 ai Campi Flegrei [La Rocca et al., 2006]. Tutte le stazioni sono equipaggiate con sensori a corto periodo Lennartz *LE-3Dlite*.

I parametri di trigger sono impostati tenendo conto dell'energia attesa dei terremoti locali, sulla base dell'attuale dinamica delle diverse aree vulcaniche. Inoltre, le stazioni sono in grado di registrare anche eventi regionali e terremoti provenienti dal bacino del Mediterraneo.

Nelle figure 5, 6 e 7 sono rappresentati alcuni esempi delle registrazioni di eventi sismici locali e regionali ottenute dalle stazioni sismiche digitali Lennartz PCM 5800 equipaggiate con registratori SONY *Hi-MD* e sensori a corto periodo Lennartz *LE-3Dlite*.

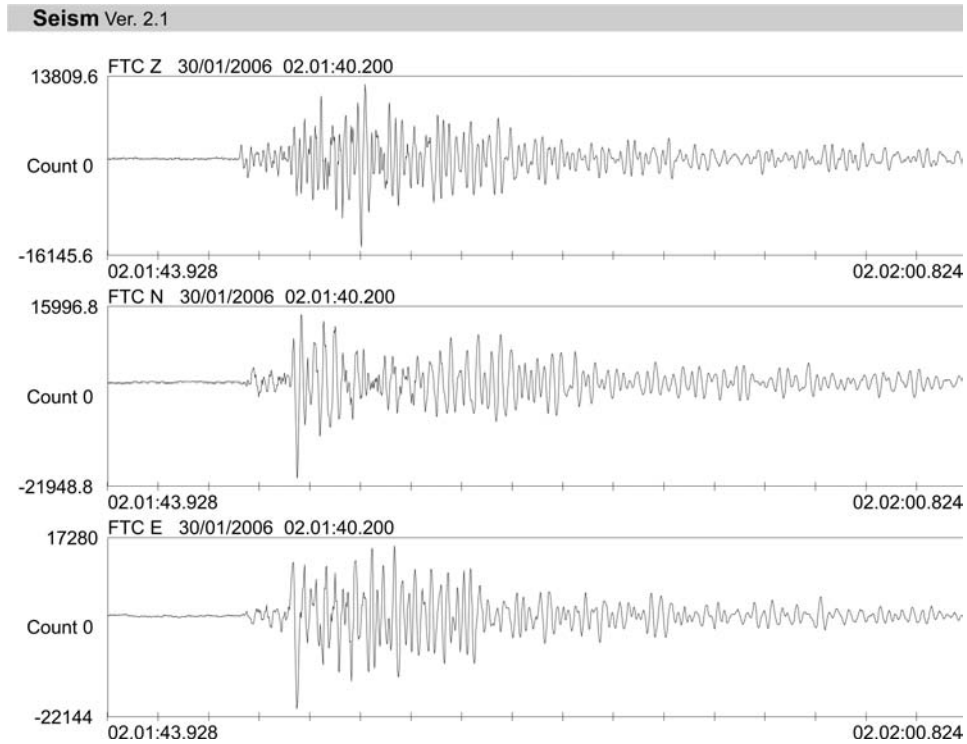


Figura 5 Evento sismico locale del Vesuvio avvenuto il 30 Gennaio 2006 alle ore 02:01 UTC con $M_D=1.7$, registrato alla stazione di Forestale Trecase (FTC).

Figure 5 Local seismic event of Mt. Vesuvius occurred on 30 January 2006 at 02:01 UTC with $M_D=1.7$, recorded by Forestale Trecase (FTC) station.

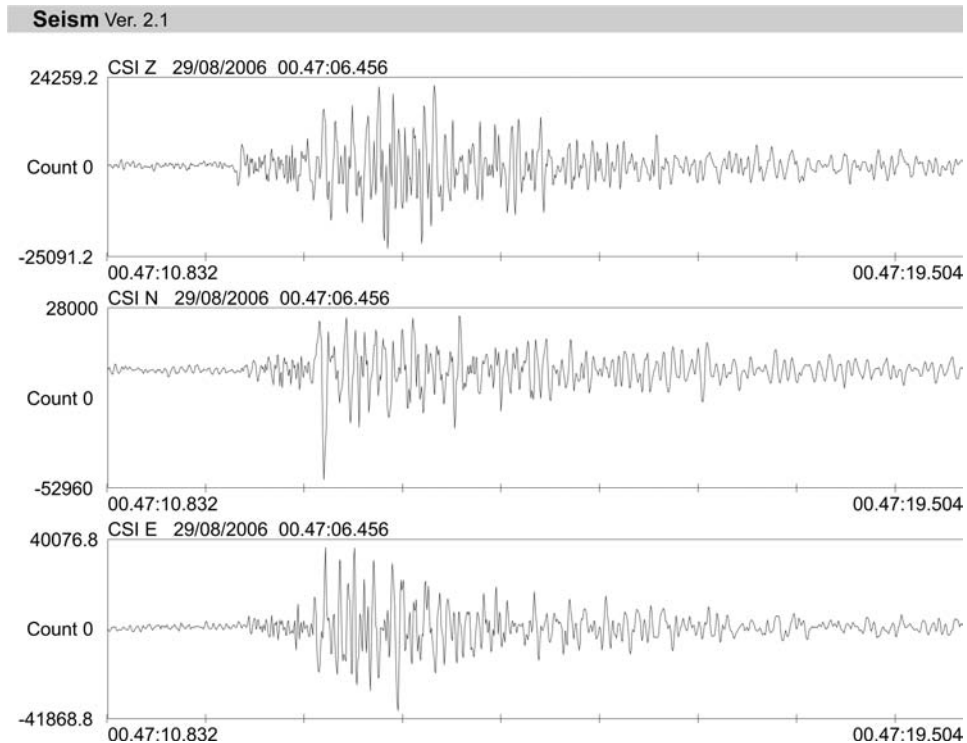


Figura 6 - Evento sismico locale dei Campi Flegrei avvenuto il 29 Agosto 2006 alle ore 00:47 UTC con $M_D=0.6$, registrato alla stazione di Pozzuoli (CSI).

Figure 6 - Local seismic event of Phlegrean Fields occurred on 29 August 2006 at 00:47 UTC with $M_D=0.6$, recorded by Pozzuoli (CSI) station.

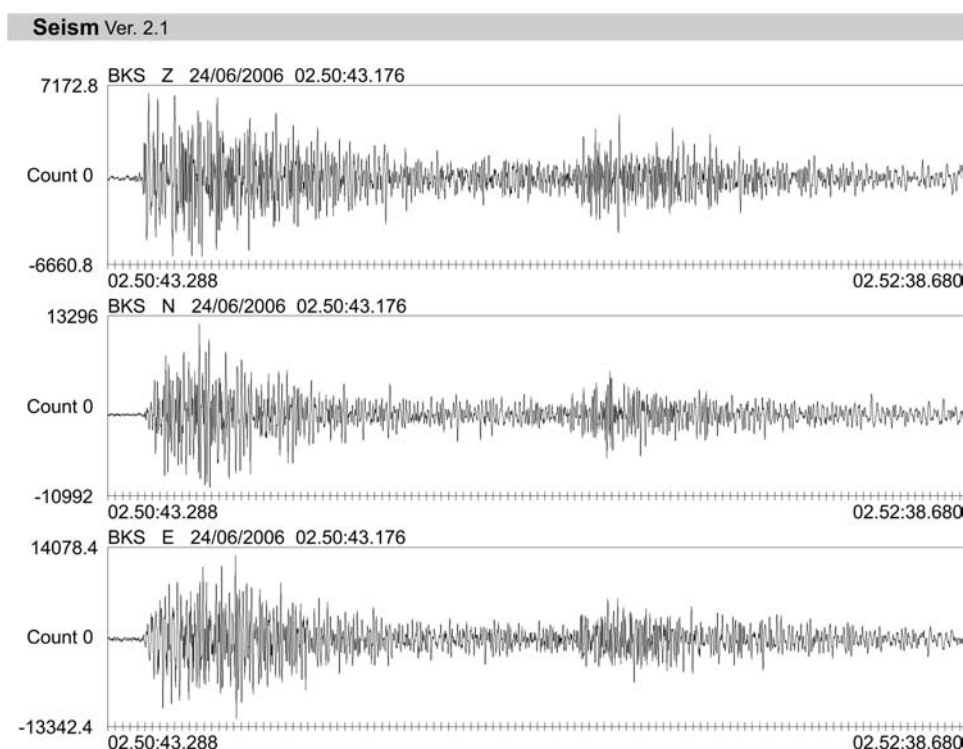


Figura 7 Evento sismico della Grecia del 24 Giugno 2006 02:50 UTC con $M_D=5.0$ registrato alla stazione di Bunker Sud (BKS) installata al Vesuvio.

Figure 7 Seismic event located in Greek occurred on 24 June 2006 at 02:50 UTC with $M_D=5.0$, recorded by Bunker Sud (BKS) station installed on Mt. Vesuvius.

Conclusioni

Considerando che le caratteristiche delle stazioni Lennartz *PCM 5800* le hanno rese non più competitive rispetto ai moderni sistemi di acquisizione digitale dotati di sensori a larga banda, era comunque importante poter recuperare un notevole patrimonio strumentale ancora funzionante e valido.

La necessità di individuare soluzioni alternative ai registratori *UHER* per l'acquisizione in locale dei dati delle stazioni sismiche digitali Lennartz *PCM 5800* ha portato ad una sperimentazione per l'utilizzo di supporti commerciali a basso costo di immediato utilizzo e che consentissero il mantenimento dell'attuale sistema di registrazione e di riproduzione.

La sperimentazione effettuata con gli apparati commerciali *MP3 Recorder*, *DAT* e *Hi-MiniDisc* ha dimostrato che tutti questi strumenti possono essere impiegati come valide alternative ai registratori a nastro *UHER*.

Il sistema *Hi-MiniDisc* si è rivelato il più funzionale. La registrazione sui dischi magnetooptici consente consumi estremamente contenuti, capacità di memorizzazione adeguate per la registrazione della sismicità locale e l'immediata

implementazione nel sistema Lennartz *PCM 5800* con la realizzazione di semplice elettronica di controllo. L'impiego di supporti rimovibili consente semplici e rapide operazioni per il recupero dei dati. Il sistema di decodifica (hardware e software) richiede risorse modeste, consentendo di utilizzare anche computer dismessi.

Fermo restando i limiti attuali di questa strumentazione, è stato dimostrato come, con un modesto impegno economico e ridotte risorse strumentali e di gestione, è possibile mantenere in funzione un congruo numero di stazioni sismiche digitali.

Le stazioni Lennartz *PCM 5800* dotate di registratori *Hi-MD* possono essere egregiamente impiegate durante esperimenti o per integrare le Reti Sismiche Permanenti a scala locale o regionale con stazioni digitali a tre componenti e sismometri a corto periodo ad elevata dinamica. L'acquisizione a trigger rispetto a quella in continuo, attualmente ottenibile con i moderni acquisitori, è senza dubbio un limite. È però vero che con una accurata gestione delle stazioni è possibile impostare i parametri di trigger in modo ottimale, tale da rendere estremamente efficace il potere di detezione.

La registrazione in locale con acquisizio-

ne a soglia, se da una parte obbliga ad una manutenzione costante per la sostituzione dei supporti di registrazione, dall'altra consente di svincolarsi dai problemi di visibilità per la centralizzazione via radio dei segnali, a tutto vantaggio di una migliore distribuzione delle stazioni e quindi della geometria della Rete Sismica. I bassi consumi dell'intero sistema consentono di impiegare efficacemente l'alimentazione con pannelli solari.

Inoltre, nell'eventualità di un intervento con la Rete Sismica Mobile a seguito di una crisi, il sistema di acquisizione in locale permette di coprire l'area di interesse in tempi molto rapidi, evitando così il rischio di perdere informazioni importanti legate alle prime fasi del fenomeno.

Ringraziamenti

Si ringraziano SONY Italia e SARA s.n.c. per la collaborazione ed il continuo supporto prestati. Un ringraziamento particolare a G. Vilardo, compagno di decine di interventi con la Rete Mobile, che ha sostenuto finanziariamente il potenziamento del sistema di elaborazione dati. Gli autori sono particolarmente grati a F. Ferrari (INGV-Catania) che ha messo a disposizione, perfezionandolo continuamente, il software utilizzato per l'analisi dei dati e la conversione del formato. Si ringrazia G. Romeo per gli utili suggerimenti. L'ammodernamento del sistema Lennartz PCM 5800 è stato in parte sostenuto dal Dipartimento per la Protezione Civile (Convenzione INGV-DPC 2004-2006).

N.B.: Tutti i marchi registrati appartengono ai legittimi proprietari.

Bibliografia

- Bianco, F., Castellano, M., Milano, G., Vilardo, G., Ferrucci, F. e Gresta, S., (1999). *The seismic crises at Mt. Vesuvius during 1995 and 1996*. Phys. Chem. Earth (A), 24, n.11-12, 977-983.
- Brandenburg, K. e Popp, H., (2000). *An Introduction to MPEG layer 3*. EBU Technical Review, n. 283, Giu. 2000, 15 pp.
- Capello, M., Castellano, M. e Ricciolino, P., (2007). *Commercial digital audio recorders: a new life for portable Lennartz PCM 5800 seismic stations*. Orfeus Newsletter. In stampa.
- Castellano, M., Bianco F., Imposa, S., Milano, G., Menza, S. e Vilardo G., (1997). *Recent deep earthquakes occurrence at Mt. Etna volcano (Sicily, Italy)*. Phys. Earth. Planet. Int., 102, 277-289.
- Castellano, M., Buonocunto, C., Capello, M. e Caputo A., (2002). *A new standard for seismic station installation of the Osservatorio Vesuviano Surveillance Network (INGV – Napoli)*. Quaderni di Geofisica, 25, INGV – Roma, 20 pp.
- Ferrari, F., (2006). *ConWiz – Un programma per la conversione di formato per file di segnali sismici*. SOFTEN – Software Engineering.
- La Rocca, M., Galluzzo, D., Petrosino, S., Cusano, P., Del Pezzo, E., Saccorotti, G., Castellano, M. e Bianco, F., (2006). *Attività della Rete Mobile e del Laboratorio Analisi aVanzate (LAV)*. In: Attività di Sorveglianza dell'Osservatorio Vesuviano - Rendiconto anno 2006 (INGV - Osservatorio Vesuviano, ed.), Napoli; In stampa.
- Mariotti, M., (2002). *Un ricevitore-convertitore GPS (NMEA) / DCF77*. http://mariottim.interfree.it/doc16_i.htm
- Martini, M., Auger, E., Borriello, G., Buonocunto, C., Capello, M., Caputo, A., Castellano, M., Cusano, P., D'Auria, L., De Cesare, W., Esposito, A., Giudicepietro, F., Lo Bascio, D., Orazi, M., Peluso, R., Petrosino, S., Ricciolino, P., Scarpato, G. e Malarico, G. (2006). *Sismologia*. In: Attività di Sorveglianza dell'Osservatorio Vesuviano - Rendiconto anno 2004 (INGV - Osservatorio Vesuviano, ed.), pp. 15-30. Napoli.
- Patanè, D. e Ferrari, F., (1999). *ASDP: a PC-based program using a multi-algorithm approach for automatic detection and location of local earthquakes*. Phys. Earth Plan. Int., 113, 1-4, 57-74.
- Trnkoczy A., (2002). *Understanding and parameter setting of STA/LTA trigger algorithm*. In: IASPEI - New Manual of Seismological Observatory Practice (Peter Bormann, ed.), 21 pp., GeoForschungsZentrum, Potsdam.
- Tsutsui, K., Suzuki, H., Shimoyoshi, O., Sonohara, M., Akagiri, K. e Heddle R.M., (1992). *ATRAC: Adaptive Transform Acoustic Coding for MiniDisc*. In: Proc. 93rd A.E.S. Convention, 1-4 Ottobre 1992, San Francisco, n. 3456.
- Sony Corporation, (2002). *ATRAC3*. www.sony.net/Products/ATRAC3/
- Yoshida, T., (1994). *The Rewritable MiniDisc System*. In: Proceedings of the 1994 IEEE, USA, vol. 82, 10, pp. 1492-1500.



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Via di Vigna Murata, 605 - 00143 Roma - Italy
www.ingv.it